

パソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることによる運動不足改善システムの設計と実装

清水裕介^{1,a)} 寺田 努^{2,b)} 塚本昌彦^{2,c)}

概要：パソコン作業のような長時間の座位作業は健康に悪影響を及ぼす。悪影響は座位作業中に歩行や立ち上がり動作などの日常生活で行う運動によって緩和できるが、作業の中断をとまなう。そこで、本研究ではユーザにパソコン作業を中断させず、作業時に可能な身体動作を行わせて運動不足を改善するシステムを提案する。提案システムでは、ストレッチセンサを用いて下肢動作を認識し、あらかじめ設定した日常動作で使う筋肉に負荷がかかる動作をしたときに割り当てておいたキーの入力を行う。評価実験より、提案システムによる対象動作の認識精度は平均 F 値 0.99 となり、高精度にキー入力の置き換えができることを確かめた。

1. 研究背景

日常生活の中で最も長い時間を占めるのはパソコン作業をはじめとした座位作業である。座位での活動が長いと体を動かすことが少なくなり、糖尿病や肥満を引き起こすなど健康に悪影響を及ぼす。その対策として、座位作業を中断して歩行や立ち上がり動作など日常生活で行う運動をすることが挙げられる [1]。しかし、座位作業中に歩行や立ち上がり動作を行うには、作業の中断をとまなう。また、行わせる運動の種類や量については、日常生活で不足している運動を作業中に補えることが望ましい。

そこで本研究では、ユーザにパソコン作業を中断させず、作業時に可能な身体動作を行わせて運動が不足している筋肉に負荷をかけることで、運動不足を改善するシステムの構築を目指す。本稿では、パソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることにより身体動作を促すシステムを提案する。

2. 提案システム

提案システムでは、パソコンの主たる作業方法であるキー入力を座位作業時に可能な身体動作に置き換えることで、歩行や立ち上がりなどの日常動作で使う筋肉を使用させる。置き換え動作は、歩行や立ち上がり動作で使うヒラメ筋、前脛骨筋、腓腹筋に負荷がかかるように、膝を曲げ

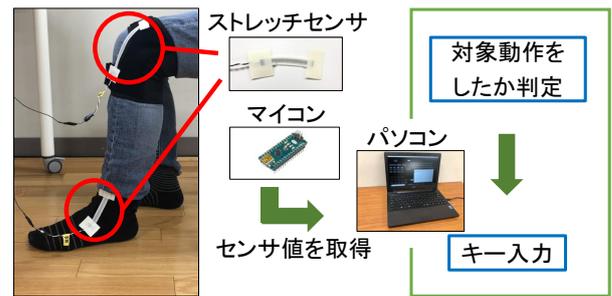


図 1: システム構成

た状態でかかとを上げる、つま先を上げる、膝を伸ばした状態で足首を伸ばすの 3 つの動作に設定した。

提案システムの構成を図 1 に示す。ユーザは膝と足首にサポータを装着し、マジックテープでストレッチセンサを取り付ける。ストレッチセンサの値はマイコンを通してパソコンに送信される。パソコンでは、ストレッチセンサ値から下肢動作を認識し、置き換え動作をしたときにアクティブなウィンドウ上でキーが入力される。入力キーは、あらかじめ各置き換え動作に対して割り当てておき、元のキーボードではそのキーを無効化することで、置き換え動作をしたときのみ、そのキーを入力可能とする。

下肢動作の判定手法について、システムでは膝に取り付けたストレッチセンサで膝の曲げ伸ばしを、足首に取り付けたストレッチセンサでかかととつま先の上げ下げを取得し、閾値判定により 3 つの下肢の置き換え動作を認識する。閾値は、個人の体格差と装着位置のずれを考慮するため、装着時にキャリブレーションとして 3 つの置き換え動作を行い、そのときのセンサ値を基準に決定する。疲労などで

¹ 神戸大学工学部

² 神戸大学大学院工学研究科

a) shimizu-yusuke@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

動作が小さくなることを考慮し、閾値はキャリブレーション時の最大値よりセンサ値が20小さい値とした。

3. 予備実験

置き換え動作によって、日常の運動で使う筋肉に負荷をかけられるかを調べるために予備実験を行った。被験者は膝と足首に提案デバイスを装着し、キー入力に用いる動作である膝を曲げた状態をかかとを上げる、つま先を上げる、膝を伸ばして足首を伸ばすの3種類をそれぞれ3回ずつ行った。その際、提案デバイスのストレッチセンサ値と下肢筋肉の筋電位を測定した。筋電位の計測箇所は歩行などの日常動作で使われることの多い、ヒラメ筋、前脛骨筋、腓腹筋の3箇所である。被験者は20代男性1名である。

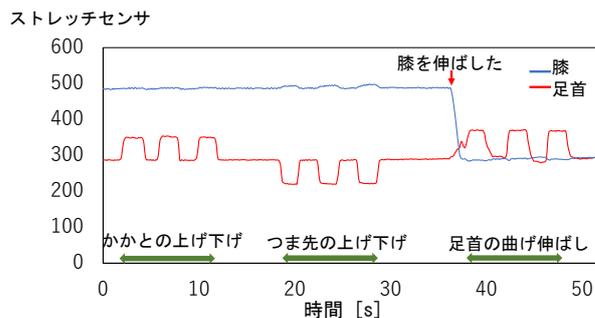
結果を図2に示す。下肢動作ごとに変化するストレッチセンサの値が異なり、2つのストレッチセンサの値から3種類の置き換え動作を認識できる可能性を確認した。また、筋電位センサの値は、動作によって振幅が大きくなる部位が異なっていた。かかとを上げる動作はヒラメ筋、つま先を上げる動作は前脛骨筋にのみ、足首を伸ばす動作はヒラメ筋と腓腹筋にそれぞれ負荷がかかっていた。よって、予備実験からシステムで認識する置き換え動作によって歩行や立ち上がり動作で使う筋肉に負荷をかけることができると分かった。

4. 評価実験

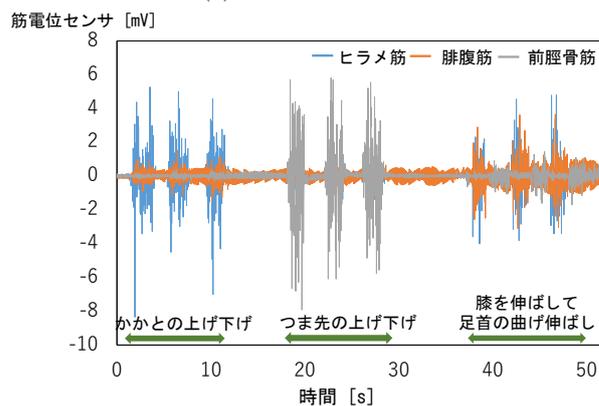
提案システムの動作認識精度を確認するため、評価実験を行った。被験者は左足首と左足の膝に提案デバイスを装着し、キャリブレーションを行った後、キー入力に用いる動作である膝を曲げた状態をかかとを上げる、つま先を上げる、膝を伸ばした状態で足首を伸ばすの3種類を順にそれぞれ50回ずつ行った。なお、連続して動作を行うことによる疲労の影響を減らすため、10回ごとに1分間の休憩を設けた。被験者は著者を含む20代男性2名である。

結果を表1に示す。被験者Aは再現率、適合率、F値が全て1.00と認識精度は高かった。被験者Aは著者であったため、このシステムに慣れていて精度が高かった可能性があるが、本システムの使用経験がない被験者Bにおいても再現率、適合率、F値全て0.95以上となった。どの動作においても再現率は1.00で、被験者が身体動作をしたときには正確に認識していた。しかし、かかとを上げる以外の動作は適合率が1.00未満になっていた。この原因は入力に使う動作ではない膝の曲げ伸ばしを、つま先を上げる動作や足首を伸ばす動作に誤認識したためである。また、つま先を上げる動作は足首の可動域に個人差があったため、人数を増やして実験を行いキャリブレーション時の閾値の設定方法を調整する必要がある。

今回の実験では、提案システムにより高精度に置き換え動作を識別できることを確かめたが、これらの動作が歩行



(a) ストレッチセンサ



(b) 筋電位センサ

図2: 置き換え動作時のセンサ値

表1: 動作認識精度

被験者	身体動作	再現率	適合率	F 値
A	かかとを上げる	1.00	1.00	1.00
	つま先を上げる	1.00	1.00	1.00
	足首を伸ばす	1.00	1.00	1.00
B	かかとを上げる	1.00	1.00	1.00
	つま先を上げる	1.00	0.98	0.99
	足首を伸ばす	1.00	0.96	0.98

や立ち上がり動作の置き換えになっているか、つまり、システム使用時に実際に筋肉にかかる負荷がどの程度であるかは、今後調査する必要がある。

5. まとめと今後の課題

本研究ではパソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることにより身体動作を促すシステムを実装した。実験より、置き換え動作は歩行や立ち上がり動作で使う筋肉に負荷をかけられていた。また、ストレッチセンサを用いて下肢動作を認識する提案手法で、置き換え動作が高精度に識別できた。今後は日常の活動を記録して、その日の不足分の運動をパソコン作業時に補うシステムを実装する。

参考文献

[1] D. W. Dunstan, B. Howard, G. N. Healy, and N. Owen: Too Much Sitting—A Health Hazard, *Diabetes Research and Clinical Practice*, Vol. 97, No. 9, pp. 368–376 (Sep. 2012).